



TITLE:

傾斜式護岸の地震時挙動の解明と
耐震対策に関する研究(
Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

中原, 知洋

CITATION:

中原, 知洋. 傾斜式護岸の地震時挙動の解明と耐震対策に関する研究. 京都大学, 2015, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2015-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k18932>

RIGHT:

京都大学	博士（工学）	氏名	中 原 知 洋
論文題目	傾斜式護岸の地震時挙動の解明と耐震対策に関する研究		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文は、高潮・津波対策のため海岸線に建設される防潮堤の代表的な構造形式である傾斜式護岸を対象として、その地震時挙動が傾斜地盤の繰り返しせん断変形と流動破壊の複合的機構に支配されることを解明し、これに基づいて合理的な耐震対策を提案した結果をまとめたものであって、9章からなっている。</p> <p>第1章は序論であり、既往の関連研究のレビューに基づき、切迫する南海トラフ地震をはじめとする大地震に対して、海岸線に建設される防潮堤の地震時挙動の解明と合理的な耐震対策の必要性を論じている。</p> <p>第2章では、傾斜式護岸の力学的特徴に基づいて、土のせん断破壊線近傍での繰り返しせん断挙動と土の液状化に伴う定常状態（Steady State）でのせん断強度の低下による流動破壊の両者を明らかにする重要性を論じ、これらの土要素としての力学挙動の解析に、砂の力学モデルとしてのひずみ空間多重せん断モデルが適用性を有することを明らかにした。</p> <p>第3章では、1 G 重力場での傾斜式護岸の模型振動実験に基づき、傾斜式護岸では、振動により傾斜地盤および基礎地盤の過剰間隙水圧が上昇し、地盤が軟化した状態で繰り返しせん断応力を受けてせん断ひずみが累積することにより、護岸の海側への変位、沈下が発生し、これが地震被害の主要因の一つとなり得ることを明らかにした。</p> <p>第4章では、遠心力場での傾斜式護岸の模型振動実験に基づき、傾斜式護岸の地震時挙動には、繰り返しせん断による変形挙動に加え、地盤の液状化に伴う Steady State でのせん断強度の低下による流動破壊の機構が複合的な形で著しい影響を与えることを明らかにした。</p> <p>第5章では、1 G 重力場および遠心力場での一連の模型振動実験結果の妥当性を検討するため、両者の場での相似則を統合する拡張型相似則の適用性を検討した。この検討では、仮想 1 G 場の縮尺率と遠心力場での縮尺率の積を一定として、両者の場での縮尺率の組合せをパラメトリックに変化させて、護岸の残留変形量や加速度などの実験結果の整合性を明らかにし、本研究で実施した模型振動実験の妥当性を明らかにした。</p> <p>第6章では、傾斜式護岸の Steady State におけるせん断強度が、重力による静的なせん断応力によって誘導される異方性の影響を受けることに着目し、細粒分を含む砂に対する異方圧密状態からのひずみ制御の非排水単調圧縮・伸張せん断試験を行い、この結果を等方圧密状態からの試験結果と比較することにより、静的なせん断応力による誘導異方性が Steady State に与える影響を明らかにした。さらに、この結果を定式化し、ひずみ空間多重せん断モデルに組み込む形で、解析モデル化を行った。</p> <p>第7章では、ひずみ空間多重せん断モデルにより、遠心力場での模型振動実験結果の解析を行い、せん断破壊線近傍での繰り返しせん断による変形および地盤の液状化の影響による Steady State でのせん断強度の低下に起因する流動破壊の2つの複合的なメカニズムが、傾斜式護岸の地震時挙動を支配することを明らかにした。特に、傾斜地盤の上部から下部にかけて静的なせん断応力状態が変化することにより、この変化</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	中 原 知 洋
<p>に対応して Steady State でのせん断強度が変化するという応力誘導異方性の影響を的確に解析に反映することが重要であることを明らかにした。</p> <p>第 8 章では、第 2 章～第 7 章に示した結果に基づき、その応用として、傾斜式護岸の耐震対策の開発を行った結果をとりまとめた。傾斜地盤部を含む護岸直下から法尻部の地盤の変形・破壊が傾斜式護岸の地震時被害をもたらしていることから、この部分を中心とした地盤改良として、薬液注入による耐震対策を提案し、さらに、その最適な対策範囲を明らかにした。また、提案した耐震対策が、想定した設計地震動を超える地震動が作用した際にも粘り強さを発揮して、これが減災効果に結びつくことを明らかにした。</p> <p>第 9 章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、高潮・津波対策のため海岸線に建設される防潮堤の代表的な構造形式である傾斜式護岸を対象として、1 G 重力場および遠心力場での模型振動実験と砂の力学モデルとしてのひずみ空間多重せん断モデルによる数値解析を通じて、地震時挙動の解明と耐震対策の開発を行ったもので、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 傾斜式護岸は、重力により傾斜地盤内に静的なせん断応力が作用するという力学的特徴を有し、初期応力状態がせん断破壊線近傍に位置し、破壊線近傍での繰り返しせん断挙動が、地震時の変形挙動を支配する。また、地盤の液状化の影響により、地盤の定常状態 (Steady State) でのせん断強度が低下して、重力による静的なせん断応力より小さくなると、流動破壊が発生する。これらの2つの複合的なメカニズムが、傾斜式護岸の地震時挙動を支配することを明らかにした。
2. 傾斜式護岸の Steady State におけるせん断強度は、重力による静的なせん断応力によって誘導される異方性の影響を受ける。このため、細粒分を含む砂に対する異方圧密状態からのひずみ制御の非排水単調圧縮・伸張せん断試験を行い、この結果を等方圧密状態からの試験結果と比較することにより、静的なせん断応力による誘導異方性が Steady State に与える影響を明らかにした。さらに、この結果を定式化し、ひずみ空間多重せん断モデルに組み込む形で、解析モデル化を行った。
3. 以上の地震時の変形・破壊挙動のメカニズムを基に、その応用として、傾斜式護岸の耐震対策の開発を行った。傾斜地盤部を含む護岸直下から法尻部の地盤の変形・破壊が傾斜式護岸の地震時被害をもたらしていることから、この部分を中心とした地盤改良として、薬液注入による耐震対策を提案し、さらに、その最適な対策範囲を明らかにした。また、提案した耐震対策が、想定した設計地震動を超える地震動が作用した際にも粘り強さを発揮して、これが減災効果に結びつくことを明らかにした。

以上のとおり、本論文は、傾斜式護岸の地震時挙動が繰り返しせん断変形・流動破壊の複合的機構に支配されることを明らかにし、これに基づいて合理的な耐震対策を提案したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成27年1月19日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。